# 浙江省科学技术进步奖推荐书

（年度）

一、项目基本情况

|  |  |
| --- | --- |
| 推荐号： | 奖励类别：2进步奖：社会公益 |
| 推荐单位（盖章） | 浙江大学 | 推荐奖励等级 | 一等奖 |
| 项目名称（中文） | 富营养化水体植物生态系统高效持久净化技术与工程植物资源化利用 |
| 主要完成人员 | 杨肖娥，冯英，许良峰，李建平，曹玉成，郝虎林，王久龙，崔孝强，刘春法，杨卫东，赵风亮，王如水，胡绵好，丁哲利，吴湘，林媛媛 |
| 主要完成单位（本省第一完成单位盖章） | 浙江大学；杭州绿生现代农业与环境生态研究所；浙江农林大学；宁波原水集团有限公司；浙江省环境工程有限公司；临安城市污水处理有限公司；杭州绿生生态环境工程有限公司 |
| 主题词 | 污水处理厂；尾水；湖泊；水库；植物系统；生态净化 |
| 学科分类名称 | 1 | 环境生态工程 | 代码 | 6103500 |
| 2 |  | 代码 |  |
| 3 |  | 代码 |  |
| 所属国民经济行业 | 14 水利、环境和公共设施管理业 |
| 任务来源 | 国家计划 |
| 具体计划、基金的名称和编号（不超过300字） |
| 1. 湖库富营养化生态修复与生物质能源开发，科技部国际科技合作专项（2010DFB33960）
2. 尾水高效深度处理生态工程关键技术研究与集成示范，浙江省重大科技专项（2011C13015）
 |
| 论文（篇） | 30 | 专著（本） | 0 |
| 授权发明专利(件) | 23 | 其他知识产权(件) | 3 |
| 直接经济效益（万元） |  | 间接经济效益（万元） |  |
| 科技成果登记号 | 18015150 |
| 项目起止时间 | 起始：2011年01月 | 完成：2014年12月 |

推荐书版本：

二、推荐意见

|  |  |
| --- | --- |
| 推荐单位 | 浙江大学 |
| 通讯地址 | 杭州市余杭塘路866号 | 邮政编码 | 310058 |
| 联 系 人 | 冯英 | 办公电话 | 0571-88982518 | 移动电话  | 13588028635 |
| 电子邮箱 | yfeng@zju.edu.cn | 传 真 | 0571-88982907 |
| 推荐意见（限600字） |
| 该项目针对不同污染程度富营养化水体修复国际难题，系统研究了不同植物对水体氮磷去除过程与净化效果，筛选了一批特异净化植物材料如能源植物细芒草、柳枝稷、香根草、高羊茅和杂交柳树等用于水体净化，建立了其湖库河批量繁种技术，并将东南景天特异内生菌LM02和SaMR10应用于水体修复，以增强杂交柳树脱氮除磷效果；创新研发了不同污染程度富营养化水体集强化微生物膜、有毒物质高效脱除、营养盐集约式植物资源化、高效自净水生态系统、高效生态滤地等多个功能子系统于一体的全年高效持久净化植物生态系统，提出了提高生态系统生物多样性和净化功能的工程管理模式；研制了工程植物一体化自动收割设备以及割后粉碎-干燥生产线；首次将修复工程植物转化为高效安全吸附污染物的活性炭和功能生物炭材料，为污水处理厂尾水深度处理和湖泊水库富营养化水体修复提供了科技支撑。推荐该项目为省科技进步奖一等奖。 |
| 声明：我单位严格按照《浙江省科学技术奖励办法》及其实施细则和省科学技术厅对推荐工作的具体要求，对该项目进行了严格审查，确认该项目符合规定的推荐条件，推荐材料全部内容属实，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科技成果保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。项目主要创新内容、列入的知识产权和论文专著等成果为本项目独有，且未在已获的国家、省科技奖励项目或本年度其它推荐项目中使用。如推荐项目发生争议，愿意协助调查处理。我单位承诺将严格按照浙江省科学技术厅的有关规定和要求，认真履行作为推荐单位的义务并承担相应的责任。推荐单位公章年月日 |

三、项目简介

|  |
| --- |
| 主要技术内容、授权知识产权情况、技术指标、应用推广及取得的经济社会效益等（限1000字） |
| 随着社会经济的发展，湖库河水体富营养化状况日趋严重。污水处理厂达标排放的尾水氮磷含量很高，直接排放导致受纳水体富营养化程度加剧。目前尚未有较完整的理论和奏效的技术体系控制水体富营养化。因此，结合污水处理厂尾水的深度脱氮除磷和富营养化水体修复的高效持久净化植物生态净化工程对保障水生态系统安全具有重要意义。在科技部国际合作专项和浙江省重大科技专项资助下，我们将水体营养盐当成资源，从营养盐循环利用出发，历时十余年，建立了集工程植物筛选应用、机械化收割、资源化利用于一体的创新技术体系，首创在污水处理厂利用植物复合生态系统对尾水进行原位深度处理，并在湖泊、水库、河流等多种富营养化水体进行工程化应用，取得了良好的社会经济与环境效益。主要成果有：1）高效脱氮除磷特异工程植物种质与关键材料创新。在引进和收集100多种植物基础上，筛选出了高效去除氮、磷营养盐的优势工程植物种质，初步建立工程植物种质资源库，研究了优选修复工程植物的批量繁种和在水库淹没区栽培的原理与关键技术，优选高效脱氮除磷内生菌株2种。2）全年植物生态系统高效持久净化技术体系构建与工程管理模式创新。把生物膜净化技术、物理-生物脱毒技术、陆生植物浮岛技术、表面流高效生态湿地技术和潜流生态湿地技术，以及农业生物轮套作技术等进行高度集成并加以创新，构建了高效持久净化富营养化水体植物复合生态系统技术体系，明确了不同人工复合湿地系统生态过程及机制，阐明了不同污染负荷生物群落合理镶嵌原理，建立了提高生态系统生物多样性和净化功能的工程管理模式。3）富营养化水体修复工程植物采收、脱水加工和资源化利用技术。开发了适合于水面采收的技术设备，研发了工程植物采收行为与水质净化以及采收周期与主要营养成分的关系；研发出了新型水草脱水和干燥工艺流程；开发了具有自主知识产权的水生植物资源化关键技术，研发了绿苇和再力花木质纤维素蒸汽爆破预处理和离子液体溶解技术，评估了多种水体修复植物生物乙醇转化效率，创造性地研发了工程植物转化为活性炭和功能生物炭工艺。在国内外核心期刊发表论文30篇，其中SCI收录论文18篇，累计他引430次，单篇最高引用56次。授权国家发明专利23项，其中转让9项，授权实用新型专利3项。分别在宁波皎口水库淹没区和青山湖淹没区建设了富营养化水体植物生态系统高效持久净化工程示范，解决了长期以来人工湿地净化水质效率较低，可持续时间不长，水生植物收获后资源化问题难以解决等国际性难题。在浦江、义乌等地10余个污水处理厂应用，累计处理尾水4亿吨，生态经济效益显著。 |

五、第三方评价

|  |
| --- |
| 评价结论、检测结果等（限1200字） |
| 1. **学术：**拥有23项授权国家发明专利，其中转让9项，授权实用新型专利3项。技术成果在Bioresource technology等权威期刊发表论文30篇，其中SC收录18篇。累计他引430次，单篇最高引用56次。
2. **技术：**1）获得了一批高效脱氮除磷工程植物，创立了适宜于我国南方湖库淹没区的复合植物生态系统规模化和可持续管理新技术体系；引进消化工程水生植物机械化采收技术，开发了适合于水面采收的技术设备；建立了水体修复工程能源转化技术体系，并对比了不同工程植物的转化效率，为解决湖库河富营养化问题提供科技支撑，促进了节能减排、环境保护、水生植物资源化开发利用，促进社会可持续发展；提高了企业技术创新能力，促进生态技术的产业化和企业的国际化，提高了企业的核心竞争力。（见鉴定意见书）

2）成果鉴定专家评价:由金鉴明和杨志峰院士组成的专家委员会对项目成果进行了鉴定，形成评价意见如下：1.该项目系统研究了不同植物对尾水中氮磷高效去除过程，筛选出一批特异净化植物材料，研发了全年高效净化尾水复合生态系统镶嵌与构建技术。2.构建了尾水高效植物生态系统净化工程稳定管理技术，集成设计出水生植物收割-干燥技术体系，创新尾水高效净化植物与污泥一体资源化利用技术。3.该项目在研究思路、材料筛选、系统构建与稳定化运行以及资源化利用等方面均具创新性，为尾水的生态处理提供了科技支撑。鉴定委员一致认为，该成果总体上达到国际先进水平，部分达到国际领先水平。（见鉴定意见书）3）创新点查新结论：委托教育部科技查新工作站对项目成果进行了国内外查新，形成主要如下查新结论：1.未见有关将细芒草和黄花水龙以及将筛选出的LM02和SaMR10内生菌强化杂交柳树用于尾水净化研究的中外文公开文献报道。2.未见有关尾水净化植物系统中植物-内生菌-物理滤料合理镶嵌技术以及温室与露天栽培镶嵌技术研究的公开文献报道。3.未见有关轨道式大棚水草收割机研究的公开文献报道。4.未见有关应用再力花转化为吸附水体磷的活性炭和特异蚯蚓反应器技术同步转化修复植物与污泥工艺的研究公开文献报道。由查新报告可见本系统技术的创新性，未见国内外相关报道。（见查新报告）1. **用户：**该成果已在浙江成功推广应用于浦江、义乌等10余个污水处理厂（见应用证明），尾水处理量累计约3.5亿吨。对COD、氨氮、总氮、总磷等减排约合6万吨，碳固定量1.2万吨，加上节能运维等累计产生间接生态经济效益约合54亿元。不仅完成污水处理厂提级提标目标，而且为生态文明建设提供了样板。此外，若污泥资源化技术全面应用还可产出生态经济效益约合2.2亿元，为新型生态环保产业发展提供科技支撑。
 |

六、推广应用情况、经济效益和社会效益

1．完成单位应用情况和直接经济效益

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | 新增应用量 | 新增销售收入（单位：万元） | 新增税收（单位：万元） | 新增利润（单位：万元） |
| 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 |
| 浙江大学 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 杭州绿生现代农业与环境生态研究所 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江农林大学 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 宁波原水集团有限公司 | 0 | 0 | 12万平方 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省环境工程有限公司 | 0 | 3 | 13 | 0 | 612.55 | 2389.11 | 0 | 12.25 | 47.78 | 0 | 61.30 | 238.90 |
| 临安城市污水处理有限公司 | 6万吨 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 杭州绿生生态环境工程有限公司 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 合 计 | 5万吨 | 3万吨 | 13万吨12万平方 | 0 | 612.55 | 2389.11 | 0 | 12.25 | 47.78 | 0 | 61.30 | 238.90 |
| 55.5万吨 | 3001.66 | 60.03 | 300.2 |

2．推广应用情况和经济效益（非完成单位）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 应用单位名称 | 起止时间 | 单位联系人、电话 | 新增应用量 | 新增销售收入(万元) | 新增税收(万元) | 新增利润(万元) |
| 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 |
| 浙江省金华市浦江县排水有限工程 | 2015~2016 | 张总，13967951878 | 8万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省金华市浦江县前吴乡人民政府 | 2017~2018 | 金贤栋，15888953530 | 0 | 0 | 2万m2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省义乌市大陈镇人民政府 | 2015~2016 | 贾永强，15868958528 | 2万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省义乌市义亭镇人民政府 | 2015~2016 | 陈主任，15906796622 | 3.5万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省义乌市后宅街道办事处 | 2015~2018 | 朱为民，13515896525 | 0 | 1万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省义乌市苏溪镇人民政府 | 2018~2018 | 楼主任，18957968975 | 0 | 0 | 2万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省义乌市稠江街道办事处 | 2017~2018 | 翁主任，13566968585 | 0 | 0 | 1.5万m2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省台州市长潭水库管理局 | 2017~2018 | 郑治波，13957601917 | 0 | 0 | 4万m2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省杨溪水库灌溉管理局 | 2015~2018 | 蒋晓阳，13858900636 | 0 | 0 | 2万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省永康市钱江水务有限公司 | 2017~2018 | 吕先锋，13819905751 | 0 | 0 | 8万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省诸暨市陶朱街道办事处 | 2016~2018 | 王主任，13735213235 | 0 | 2万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江武义城市建设有限公司 | 2016~2018 | 徐挺，13738951092 | 0 | 5万t | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 宁波原水集团 | 2015~2018 | 崔吉辉，13805875602 | 0 | 0 | 12万m2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 浙江省慈溪市周巷镇人民政府 | 2015~2018 | 蒋琪琪，13486617119 | 900户 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 千岛湖生态环保有限公司 | 2015~2018 | 王玉英，13906819308 | 600户 | 200户 | 200户 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 合肥海清环保有限公司 | 2015~2018 | 陈文斌，13956055540 | 0 | 1.5万m2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 合计： | 13.5万t1500户 | 8万t200户1.5万m2 | 12万t; 200户;9.5万m2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 33.5万吨1900户21万m2 |  |  |  |

3.社会效益和间接经济效益（限600字）

|  |
| --- |
| 本项目所创立的富营养化水体植物生态系统高效持久净化工程技术体系与工程植物资源化利用技术是国内领先国际先进水平。该技术体系不仅全年净化效率高，有效解决冬季净化率低难题，而且利用湖库淹没区等非农地创新高度适应环境胁迫耐淹没持久生态净化工程技术系统。首次发展修复工程植物资源化利用的新技术体系，为发展我国新型生态环保产业提供理论与技术。不仅污染物减排效率高，而具有生态经济效益大。以日处理6万吨尾水为例，每年去除COD 657吨、氨氮296 吨、总磷6.6 吨和总氮307 吨；按COD氮磷排污交易（5140万元），碳固定生态补偿（4000万元）及污泥处置（533万元）等计算，合计每年产生生态经济效益9673万元。已在12个污水处理厂和多个湖库河流推广应用，合计日处理富营养化水体60万吨以上，生态经济效益超8亿元。该工程技术体系不仅能够有效实现富营养化水体修复治理，建立健康的水生态系统，保障饮用水源安全，而且促进生态多样性恢复，增进生态系统的良性循环，提高渔业产品质量，美化自然景观，增强水体的旅游娱乐价值，同时实现了工程植物的资源化利用，最大限度保障了生态系统的良性循环，促进社会经济的可持续发展，因而具有良好的社会效益。 |

八、主要知识产权证明目录

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家****（地区）** | **授权号** | **授权日期** | **权利人** | **发明人（培育人）** |
| 发明专利 | 一种治理富营养化地表水的方法 | 中国 | 200510060450.0 | 2007.5.16 | 浙江大学 | 杨肖娥、吴湘 |
| 发明专利 | 一种人工生态废水处理装置 | 中国 | 200610050570.7 | 2008.4.30 | 浙江大学 | 熊集兵、杨肖娥、何振立、彭红云 |
| 发明专利 | 一种立体自流式污水处理装置 | 中国 | 200810120284.2 | 2010.8.18 | 浙江大学 | 郝虎林、向律成、杨肖娥、王小忠 |
| 发明专利 | 水上套作栽培植物治理富营养化水体的方法 | 中国 | 200810062733.2 | 2010.10.06 | 浙江大学 | 向律成、郝虎林、杨肖娥、高冲 |
| 发明专利 | 利用深液流技术修复富营养化水体的方法 | 中国 | 200710071295.1 | 2009.11.04 | 浙江大学 | 胡绵好、杨肖娥 |
| 发明专利 | 水上栽培植物治理富营养化水体的方法 | 中国 | 200710071223.7 | 2009.8.12 | 浙江大学 | 杨肖娥、张玲、胡绵好 |
| 发明专利 | 一种原位修复富营养化地表水的方法 | 中国 | 200710071013.8 | 2009.7.29 | 浙江大学 | 杨肖娥、吴湘、方云英、蔡景波 |
| 发明专利 | 水上栽培草本植物治理富营养化水体的方法 | 中国 | 200710071282.4 | 2009.9.09 | 浙江大学 | 郝虎林、向律成、胡绵好 |
| 发明专利 | 一种用于根际微域研究的根箱试验装置 | 中国 | 201010533303.1 | 2012.7.4 | 浙江大学 | 冯英, 王先挺, 林咸永, 索炎炎, 谢爽, 张奇春. |
| 发明专利 | 研究作物生长过程外源添加物质在土壤中淋溶迁移的装置 | 中国 | 201010040078 | 2012.2.1 | 浙江大学 | 冯英, 王先挺, 林咸永, 索炎炎, 方萍, 杨肖娥. |
| 发明专利 | 一种利用太平二号蚯蚓同步处理圆币草与脱水污泥的方法 | 中国 | 201210273396.8 | 2013.11.06 | 浙江大学 | 丁哲利、李廷强、杨肖娥 |
| 发明专利 | 一种高效安全吸附水体磷的活性炭材料的制备方法 | 中国 | 201210518146.6 | 2014.8.06 | 浙江大学 | 杨肖娥、曾峥、韩璇、丁哲利、赵晶 |
| 发明专利 | 柳树超深液流净化生活废水方法及应用 | 中国 | 201310709490.8 | 2015.2.25 | 浙江大学 | 杨卫东、杨肖娥、赵凤亮、丁哲利、曾峥、张新成 |
| 发明专利 | 一种净化废水的柳树过滤器培养方法及应用 | 中国 | 201310709491.2 | 2015.8.19 | 浙江大学 | 杨卫东、杨肖娥、赵凤亮、丁哲利、曾峥 |
| 发明专利 | 柳树部分淹水法净化富营养水体的方法及应用 | 中国 | 201310709495.0 | 2015.8.26 | 浙江大学 | 杨卫东、杨肖娥、赵凤亮、丁哲利、曾峥、张新成 |
| 发明专利 | 一种集约化柳树漂浮育苗方法及应用 | 中国 | 201310709496.5 | 2015.8.26 | 浙江大学 | 杨卫东、杨肖娥、丁哲利、赵凤亮、曾峥 |
| 发明专利 | 大幅提高表面流人工湿地净化效率的植物半裸露种植方法 | 中国 | 201110347269.3 | 2013.2.27 | 浙江大学 | 许良峰、赵晶、奚姝、杨肖娥、林可聪、王小忠 |
| 发明专利 | 一种小型轨道式大棚水草收割机 | 中国 | 201210017219.3 | 2013.8.14 | 浙江大学 | 李建平，邹福星 |
| 发明专利 | 一种小型全液压自走式割晒机 | 中国 | 201110436734.0 | 2013.11.13 | 浙江大学 | 李建平，邹福星 |
| 发明专利 | 能安全吸附水体中镉的生物炭的制备方法 | 中国 | 201510033721.7 | 2015.4.29 | 浙江大学 | 杨肖娥、崔孝强、冯英、张长宽、杨倩颖、戴曦 |
| 发明专利 | 一种全电动温室收割机 | 中国 | 201510567002.3 | 2015.11.18 | 浙江大学 | 李建平，邹福星 |
| 发明专利 | 一种利用食用菌废料制备生物炭的方法及应用 | 中国 | 201410322931.3 | 2014.10.8 | 浙江大学 | 崔孝强，冯英，杨肖娥，钟亮，黄颖，张长宽 |
| 发明专利 | 一种改性生物炭微球及其制备方法和应用 | 中国 | 201610377835.8 | 2016.8.17 | 浙江大学 | 崔孝强，杨肖娥，姚义强，方思雨，戴曦，吴飞飞 |
| 实用新型 | 富营养化河道生态修复系统 | 中国 | 201720808796.2 | 2018.3.13 | 浙江省环境工程有限公司 | 林媛媛 |
| 实用新型 | 一种用于水体修复的排污口强化预处理系统 | 中国 | 201720925160.6 | 2018.3.27 | 浙江省环境工程有限公司 | 林媛媛 |
| 实用新型 | 一种用于水体修复的前滞生态处理系统 | 中国 | 201721144801.0 | 2018.4.10 | 浙江省环境工程有限公司 | 林媛媛 |

九、代表性论文专著目录

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 作者 | 论文专著名称/刊物 | 年卷期页码 | 发表时间（年、月） | SCI他引次数 | 他引总次数 |
| Cui X., DaiX., Khan K. Y., Li T., Yang X., He Z. | Removal of phosphate from aqueous solution using magnesium-alginate/chitosan modified biochar microspheres derived from Thalia dealbata. **Bioresource Technology** | 2016,218,1123-1132 | 2016.10 | 26 | 32 |
| Cui X., Hao H., He Z., Stoffella P. J., Yang X. | Pyrolysis of wetland biomass waste: Potential for carbon sequestration and water remediation. **Journal of Environmental Management** | 2016,173 95-104 | 2016.05 | 12 | 12 |
| CuiX., Hao H., Zhang C., He Z., Yang X. | Capacity and mechanisms of ammonium and cadmium sorption on different wetland-plant derived biochars. **Science of the Total Environment** | 2016,539,566-575. | 2016.01 | 56 | 56 |
| Zhang J., Wang M., Wu S., Müller K., Cao Y., Liang P., Cao Z., Leung A.O.W., Christie P., Wang H. | Land use affects soil organic carbon of paddy soils: empirical evidence from 6280 years BP to present. **Journal of Soils and Sediments** | 2016,16(3),767-776. | 2016.03 | 2 | 2 |
| Zhu X., Baran S., Cel W., Cao Y. | Sustainable approach to mitigation of CO2 emission. **Ecological Chemistry and Engineering S-chemia Inzynieria Ekologizna S** | 2014,21(4),617-622 | 2014.01 | 0 | 0 |
| Ding Z., Goldhirsh A.G., Rafiq M.K., Li T., Zhao F., Yang X. | Purification of eutrophic water by ryegrass. **Water Science and Technology** | 2012,66(10),2138-2145 | 2012.12 | 3 | 5 |
| Lai C., Wen L., Shi L., Zhao K., Wang Y., Yang X., Zheng P. | Selenate and Nitrate Bio-reductions Using Methane as the Electron Donor in a Membrane Biofilm Reactor. **Environmental Science and Technology** | 2016,50(18),10179-186 | 2016.09 | 24 | 24 |
| Li T., Han X., Liang C., Shohag M.J.I., Yang X.  | Sorption of sulphamethoxazole by the biochars derived from rice straw and alligator flag. **Environmental Technology** | 2015,36(2),245-253. | 2015.01 | 12 | 13 |
| Lai C., Wen L., Zhang Y., Luo S., Wang Q., Luo Y., Zhao H.  | Autotrophic antimonate bio-reduction using hydrogen as the electron donor. **Water Research** | 2016,88,467-474 | 2016.10 | 18 | 18 |
| Yang W., Ding Z., Zhao F., Wang Y., Zhang X., Zhu Z., Yang X.  | Comparison of manganese tolerance and accumulation among 24 Salix clones in a hydroponic experiment: Application for phytoremediation. **Journal of Geochemical Exploration** | 2015,149,1-7. | 2015.02 | 13 | 14 |
| Yang W, Wang Y, Zhao F, Ding Z, Zhang X, Zhu Z, Yang X. | Variation in copper and zinc tolerance and accumulation in 12 willow clones: implications for phytoextraction. **Journal of Zhejiang University Science B** | 2014,15(9),788-800 | 2014.09 | 11 | 13 |
| Yang W, Zhu Z., Zhao F., Ding Z., Muhammad T.R., Wang Y., Zhang X., Yang X. | Variations of growth, nitrogen accumulation and nitrogen use efficiency among 18 willow clones under two nitrogen regimes. **Agroforest System** | 2015,89,67-79 | 2015.02 | 3 | 3 |
| Yang W, Zhao F, Zhang X, Ding Z, Wang Y, Zhu Z, Yang X. | Variations of cadmium tolerance and accumulation among 39 Salix clones: implications for phytoextraction. **Environmental Earth Sciences** | 2015,73(7),3263-274 | 2015.04 | 8 | 9 |
| Yang W., Zeng Z., Li H., Yang X., He Z., et al.  | Nutrient removal efficiency and biomass production of different bioenergy plants in hypereutrophic water. **Biomass and Bioenergy** | 2012,42,212-218 | 2012.04 | 29 | 39 |
| Zhao F., Xia S., Yang X., Yang W., Li J., Gu B., He Z. | Purifying eutrophic river waters with integrated floating island systems. **Ecological Engineering** | 2012,40,53-60 | 2012.03 | 73 | 97 |
| Zhao F., Liu C., Muhammad T. Rafiq Z., Ding Z., Rukhsanda A., Yang X. | Screening Wetland Plants for Nutrient Uptake and Bioenergy Feedstock Production. **International Journal of Agriculture and Biology** | 2013,16,213-216 | 2013.08 | 4 | 5 |
| Zhao F., Zhang S., Ding Z., Aziz R., Yang X.  | Enhanced purification of eutrophic water by microbe-inoculated stereo floating beds. **Polish Journal of Environmental Studies** | 2013,22(3),957-964 | 2013.03 | 1 | 1 |
| Zeng Z., Zhang S., Li T., Zhao F., He Z., Zhao H., Yang X., Wang H., Zhao J., Rafiq M.T. | Sorption of ammonium and phosphate from aqueous solution by biochar derived from phytoremediation plants. **Journal of Zhejiang University Science B** | 2013,14(12),1152-161 | 2013.12 | 41 | 47 |
| 吴英杰,马璐瑶,陈琛, 闫茂仓张翔, 柴雪良, 王琼, 冯英 | 北美海蓬子生态浮床用于养殖海水边生产边修复技术研究.**环境工程学报** | 2018,12(12),3351-361 | 2018.12 | 0 | 0 |
| 丁哲利，朱骏杰，赵和平，叶子期，曾峥，吴呈显，Muhammad T. Rafiq，杨肖娥 | 珍珠岩对蚯蚓同步处理污泥-狐尾藻的研究. **环境科学学报** | 2014,34(5),1256-261. | 2014.05 | 0 | 5 |
| 刘春法，丁学峰，丁哲利，杨肖娥 | EM菌联合陆生植物对尾水的净化效应. **中国给水排水** | 2013,29(18),130-133 | 2013.09 | 0 | 3 |
| 刘桂青，陈宝，杨卫东，郝虎林，杨肖娥 | 内生菌对柳树生长及氮、磷吸收的强化作用. **浙江大学学报** | 2016,42(2),256-264 | 2016.03 | 0 | 1 |
| 王树凤, 施翔, 田生科, 孙海菁, 杨肖娥, 陈益泰, 刘婷 | 杞柳不同品种对铅的积累、耐性及叶片元素原位微区分布特征. **林业科学** | 2016,52(5),71-80 | 2016.05 | 0 | 3 |
| 杨卫东，李廷强，丁哲利，杨肖娥 | 旱柳幼苗抗坏血酸-谷胱甘肽循环及谷胱甘肽代谢对镉胁迫的响应. **浙江大学学报（农业与生命科学版）** | 2014,40(5), 551-558 | 2014.09 | 0 | 17 |
| 杨卫东，李廷强，丁哲利，杨肖娥 | 镉对旱柳幼苗生长及低相对分子质量巯基化合物含量的影响. **浙江大学学报(农业与生命科学版)** | 2014,40(5),559-567 | 2014.09 | 0 | 4 |
| 杨肖娥 | 水环境保护与生态修复. **杭州：周刊** | 2016,5,36-39 | 2016.03 | 0 | 0 |
| 杨肖娥, 赖春宇 | 水土环境硒污染生物修复. **生物技术进展** | 2018,8(2),112-117 | 2018.02 | 0 | 0 |
| 张长宽，倪其军，杨栋，钟亮，邓美华，杨肖娥 | 低温条件下高效复合人工湿地对尾水净化效应研究. **环境工程学报** | 2017,11(4),2034-040 | 2017, 04 | 0 | 2 |
| 邹福星, 李建平, 何相逸, 季明东, 杨肖娥 | 电动自走式温室水体修复植物收获机设计与试验. **农业机械学报** | 2016,47(6),61-66 | 2016.6 | 0 | 5 |
| 邹福星, 李建平，楼建忠. | 水生植物机械化采收与能源化利用.**河海大学学报:自然科学版.** | 2010,38 (增刊), 138-140 | 2010.10 | 0 | 0 |
| 合计: | 336 | 430 |

**承诺：**上述第八、九部分的知识产权、论文、专著用于报奖的情况，已征得未列入项目完成单位或完成人的发明人（培育人）、权利人、作者的同意。

 第一完成人签字：

十、主要完成人员情况表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 杨肖娥 | 排 名 | 1 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 教授 | 现从事专业 | 污染环境修复 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 全面主持本项目的研究及实施，确定项目研究的内容及目标、主要技术路线和实施方案，用创新的学术思想将尾水高效植物净化生态系统原理及关键技术同收获植物资源化技术进行有机的技术集成，将传统的植物间套作利用在水体修复中，实现植物修复的全年轮作；将尾水中的氮磷营养盐作为一种资源转化为可以用的生物质能源、功能性生物炭或花卉种苗。研究内容或技术手段以及所取得的成果在国际上属于先进水平。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 冯英 | 排 名 | 2 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 副教授 | 现从事专业 | 植物营养学 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 对植物系统生态修复工程植物进行了广泛的筛选，系统研究了工程植物对氮磷和重金属高效吸收脱除机理，鉴定到一批适用不同生境、耐淹没等胁迫、高效脱氮除磷、全年净化富营养化水体的植物新材料和高效脱氮除磷及重金属的高产能源植物材料如柳树品系、细芒草、柳枝稷、香根草、绿苇、象草等，明确了30多种优选工程植物对氮磷等污染物吸收去除的生理生态特性，建立了净化工程主要植物的批量繁种技术。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 许良峰 | 排 名 | 3 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 工程师 | 现从事专业 | 污染环境生态修复 |
| 工作单位 | 杭州绿生现代农业与环境生态研究所 |
| 二级单位 | 无 |
| 完成单位 | 杭州绿生现代农业与环境生态研究所 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 作为杭州绿生现代农业与环境生态研究所设计负责人，主要从事水、土污染防治工程、植物生态系统修复工程、景观园林、生态湿地工程等规划设计和生态营养基质研发、特异种质资源的引进与推广、科技推广项目的示范等工作。近年来，本人专注于环境生态修复事业，积极推广浙江大学“富营养化水体植物生态系统高效持久净化技术与工程植物资源化利用”技术，伴随着国家环境生态修复产业的发展，已将该项技术成功推广应用于浙江各地，作为“五水共治”期间浦阳江生态治理湿地部分的主要设计者，设计并指导建设了诸多尾水深度处理湿地，累积日处理能力50万吨以上。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 李建平 | 排 名 | 4 | 行政职务 |  |
| 技术职称 | 教授 | 现从事专业 | 农业工程 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 生物系统工程与食品科学学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 主要进行富营养化水体修植物机械化设备的研发与应用。针对目前富养化水体修复植物不能机械化收割，影响水体修复系统正常运转，根据水体修复植物收割需要，研制了适应水体修复植物收割要求的水草收割机，机具不破坏水草种植环境、自带动力、自动收割，机器收割效率高，是人工收割速度的10倍以上，具有较强的实用性。为水体修复植物的机械化收割提供了技术支持，有利于富营养化水体生态修复技术的推广应用。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 曹玉成 | 排 名 | 5 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 教授 | 现从事专业 | 环境工程 |
| 工作单位 | 浙江农林大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江农林大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 浙江省“剿灭劣V类水”首席技术顾问、浙江省 “五水共治”科技专家组成员、浙江省农业生态与能源技术创新推广服务团队专家、浙江省生态经济促进会“生态智库”专家和中国能源学会专家委员会委员。长期从事水体富营养化修复，将富营养化水体植物生态系统高效持久净化技术与工程植物资源化利用技术用于河道水体修复实践中，在浙江省德清县、桐乡市等多地广泛应用。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 郝虎林 | 排 名 | 6 | 行政职务 | 总经理 |
| 技术职称 | 副研究员 | 现从事专业 | 植物营养学 |
| 工作单位 | 宁波原水集团有限公司 |
| 二级单位 | 上善护水分公司 |
| 完成单位 | 宁波原水集团有限公司 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 主要研究植物复合生态系统净化原理及群落配置原理，基于植物营养学和生态学原理，建立了全年植物高效净化群落季相轮作技术和生物多样性管理技术。将富营养化水体植物生态系统高效持久净化技术与工程植物资源化利用技术用于湖泊的生态净化，发展应用湖面立体生态浮岛技术，建立了提高植物复合生态系统生物多样性和净化功能的工程管理模式。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 王久龙 | 排 名 | 7 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 高级工程师 | 现从事专业 | 环境工程 |
| 工作单位 | 浙江省环境工程有限公司 |
| 二级单位 | 无 |
| 完成单位 | 浙江省环境工程有限公司 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 承担了全年植物生态系统高效持久净化技术体系构建与工程管理模式创新的研究，本人在该项技术研发工作中投入的工作量占工作总量的50%。研究了生物膜净化技术、陆生植物浮岛技术、表面流高效生态湿地技术和潜流生态湿地技术，并进行了高度集成并加以创新，构建了高效持久净化富营养化水体植物复合生态系统技术体系，并加以推广应用。同时参与了高效脱氮除磷特异工程植物种质与关键材料创新的研究。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 崔孝强 | 排 名 | 8 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 博士生 | 现从事专业 | 植物营养学 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 主要研究修复工程植物资源化利用技术，将22种水体修复工程植物转化为功能生物炭，比较了转化效率及不同生物炭对污染物的吸附能力，发现美人蕉制备生物炭对氨氮和镉有最好的去除效果，再力花制得的生物炭对磷有最好的去除效果。首次建立应用再力花制备高效安全吸附水体磷的活性炭工艺。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 刘春法 | 排 名 | 9 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 教授级高工 | 现从事专业 | 环境工程 |
| 工作单位 | 临安城市污水处理有限公司 |
| 二级单位 | 无 |
| 完成单位 | 临安城市污水处理有限公司 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 长期从事污水处理工程，积极引进推广浙江大学“富营养化水体植物生态系统高效持久净化技术与工程植物资源化利用”技术，在临安城市污水处理公司建立污水处理厂尾水日处理6万吨的深度脱氮除磷工程，应用效果显著。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 杨卫东 | 排 名 | 10 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 博士后 | 现从事专业 | 植物营养学 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 主要将柳树应用于富营养水体修复中，比较了46种柳树脱氮除磷效果的差异，发现杞柳336地上部氮积累量最大，龙爪24地上部磷积累量最大。建立了杂交柳树用于水体富营养化修复的技术体系。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 赵风亮 | 排 名 | 11 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 博士生 | 现从事专业 | 植物营养学 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 主要研究了不同工程植物脱氮除磷效果的差异及其机理，通过比较16中水生植物对卫生净化效果，发现细芒草对总氮和总磷的去除率最高，对氮磷的提取量也最大。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 王如水 | 排 名 | 12 | 行政职务 | 总经理 |
| 技术职称 |  | 现从事专业 | 环境工程 |
| 工作单位 | 杭州绿生生态环境工程有限公司 |
| 二级单位 | 无 |
| 完成单位 | 杭州绿生生态环境工程有限公司 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 作为杭州绿生生态环境工程有限公司负责人，主要从事水体修复工程。积极推广浙江大学“富营养化水体植物生态系统高效持久净化技术与工程植物资源化利用”技术，已将该项技术成功推广应用于临安城市污水处理有限公司，并建立了提高植物复合生态系统生物多样性和净化功能的工程管理模式。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 胡绵好 | 排 名 | 13 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 博士生 | 现从事专业 | 植物营养学 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 主要研究了植物脱氮除磷效率的差异及其机理。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 丁哲利 | 排 名 | 14 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 博士生 | 现从事专业 | 植物营养学 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 主要研究了工程植物资源化利用技术。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 吴湘 | 排 名 | 15 | 行政职务 | 无 |
| 技术职称 | 博士生 | 现从事专业 | 植物营养学 |
| 工作单位 | 浙江大学 |
| 二级单位 | 环境与资源学院 |
| 完成单位 | 浙江大学 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 主要比较了不同水生植物脱氮除磷效果的差异及其机理。 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 林媛媛 | 排 名 | 16 | 行政职务 |  |
| 技术职称 | 高级工程师 | 现从事专业 | 环境工程 |
| 工作单位 | 浙江省环境工程有限公司 |
| 二级单位 | 无 |
| 完成单位 | 浙江省环境工程有限公司 |
| 对本项目主要科技创新的创造性贡献（限300字） |
| 参与全年植物生态系统高效持久净化技术体系构建与工程管理模式创新的研究工作，主要负责资料数据的整理，分析了不同人工复合湿地系统生态过程及机制；同时参与了该技术的集成创新工作和对成果的推广应用工作，获得实用新型专利3项。 |

十一、主要完成单位情况表

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | **浙江大学** |
| 排 名 | **1** |
| 对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况（限300字） |
| 充分发挥浙江大学多学科科研优势力量，依托教育部"污染环境修复与生态健康"重点实验室与国家重点学科先进研究条件，创立富营养化水体植物系统高效持久净化与工程植物资源化利用原理与技术，主要贡献包括：（1）提出项目总体学术思路，即植物系统净化-工程植物资源化利用新型产业技术模式；（2）工程材料与关键技术创新，自主设计了高效植物生态净化系统，实现了特异植物材料与系统技术的集成创新；（3）对高效净化生态工程进行产业化完善，积极推进并促成了多个示范工程的兴建，实现了对创新技术推广应用的有力支撑。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | **杭州绿生现代农业与环境生态研究所** |
| 排 名 | **2** |
| 对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况（限300字） |
| 杭州绿生现代农业与环境生态研究所成立于1999年，是一家富有底蕴的环保企业。其依托“浙江大学污染环境修复与生态健康教育部重点实验室”合作平台，研发了一系列污染生态修复技术，可系统、高效、便捷地实施水土共治的各类环境问题。其承载着应用、转化、推广杨肖娥等浙江大学教授团队多年研究成果的使命，专注于环境生态修复事业，积极推广浙江大学“富营养化水体植物生态系统高效持久净化技术与工程植物资源化利用”技术，伴随着国家环境生态修复产业的发展，其自身也在不断发展、创新；她已在复合人工湿地、污水厂尾水深度净化、河道生态治理、边坡修复等方面的规划、设计、咨询项目成绩斐然，将该项技术成功推广应用于浙江各地，并获得了一致好评。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | **浙江农林大学** |
| 排 名 | **3** |
| 对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况（限300字） |
| 开展了植物源生物质共热解制备生物炭和生物炭资源化利用技术研究，创新研发出高能效快速热解设备，开发出生物炭基生境修复剂，并推广应用到杭州、嘉兴、湖州、台州、金华等地区小微水体和农田面源污染的治理。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | **宁波原水集团有限公司** |
| 排 名 | **4** |
| 对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况（限300字） |
| 项目合作单位。主要研究了不同工程植物对水体净化的效果及其机理，建立了提高植物复合生态系统生物多样性和净化功能的工程管理模式，并将富营养化水体植物生态系统高效持久净化技术与工程植物资源化利用技术应用于集团原水处理之中。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | **浙江省环境工程有限公司** |
| 排 名 | **5** |
| 对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况（限300字） |
| 对全年植物生态系统高效持久净化技术体系构建与工程管理模式创新方面作出了创新性工作。研究了生物膜净化技术、陆生植物浮岛技术、表面流高效生态湿地技术和潜流生态湿地技术，并进行了高度集成并加以创新，构建了高效持久净化富营养化水体植物复合生态系统技术体系，并加以推广应用。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | **临安城市污水处理有限公司** |
| 排 名 | **6** |
| 对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况（限300字） |
| 项目合作单位，与浙江大学一起建立了污水处理厂高效植物生态净化系统第一个示范工程，日处理6万吨卫生，是目前国内规模最大效率最高的尾水深度生态处理工程，显示出良好的社会生态效益和巨大的经济效益。这一示范工程不仅完成了污水处理厂二级处理的提级提标目标，而且为循环经济产业提供了典范，为节能减排和低碳经济产业发展提供了样板，对于该科技创新工程技术的进一步推广应用起到了支撑作用。 |

|  |  |
| --- | --- |
| 单位名称 | **杭州绿生生态环境工程有限公司** |
| 排 名 | **7** |
| 对本项目科技创新和推广应用支撑作用情况（限300字） |
| 项目合作单位，联合浙江大学一起对尾水植物生态系统高效净化技术进行成果转化，从系统中试至完善工程产业化应用起到了很好的辅助作用，对尾水生态工程后续的规范化管理和应用起到支撑作用。 |